

02P 130ff



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 02 831 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 R 19/10
G 01 R 19/25
G 01 R 15/18
H 01 F 27/00

②1 Aktenzeichen: 198 02 831.8
②2 Anmeldetag: 26. 1. 98
④3 Offenlegungstag: 13. 8. 98

DE 198 02 831 A 1

③0 Unionspriorität:
790267 28. 01. 97 US

⑦1 Anmelder:
Eaton Corp., Cleveland, Ohio, US

⑦4 Vertreter:
Wagner, K., Dipl.-Ing.; Geyer, U., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538 München

⑦2 Erfinder:
Blakely, John Herman, Asheville, N.C., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Messung von Wechselstrom, der den Kern eines Stromtransformators unter Verwendung von Werten von Sekundärstrom bis zur Sättigung sättigt

⑤7 Der dynamische Bereich eines Stromtransformators wird wesentlich gesteigert durch Messung des Sekundärstroms bis zum Sättigungspunkt und durch Multiplizieren des Ergebnisses mit einem Einstellfaktor, der den fehlenden Teil der Wellenform nach der Sättigung auffüllt, wenn der Sekundärstrom im wesentlichen Null ist. Der Einstellfaktor ist das Verhältnis des Integrals der Funktion des Stroms, und zwar verwendet zur Bestimmung einer gewünschten Messung des Stroms (wie beispielsweise dem Sinus² für eine RMS-Messung) zum Integral der Funktion bis zum Sättigungspunkt. Der akkumulierte Wert der Funktion wird mit dem Einstellfaktor multipliziert, um einen eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, der bei der Berechnung des Stroms verwendet wird. Wenn sie digital von einem Mikrocomputer eingerichtet wurden, werden die Einstellfaktoren in einer Tabelle gespeichert, die von einem Zählerstand von Nicht-Null-Aufnahmen indiziert werden, oder in anderen Worten der Anzahl der Aufnahmen vor der Sättigung. Ein äquivalentes Aufnahmeschema kann verwendet werden, um die reale Aufnahme rate für Anwendungen zu reduzieren, wo die Detektion von sofortigen Veränderungen des Stroms nicht notwendig ist.

DE 198 02 831 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Diese Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung von Wechselstrom und insbesondere zur Messung von Wechselstrom unter Verwendung eines Stromtransformators, der mit hohen Strömen unter Verwendung der Werte eines Sekundärstromes bis zum Sättigungspunkt sättigt.

Stromtransformatoren (STs) werden im allgemeinen verwendet, um elektrische Wechselströme abzufühlen. Beispielsweise werden sie oft bei Laststeuer- und Schutzvorrichtungen verwendet, wie beispielsweise Schütze (Kontaktor); Motorstarter und -steuervorrichtungen; Schaltungsunterbrecher; Monitore bzw. Überwachungsvorrichtungen und Analysevorrichtungen; und bei elektrischen Verteilungssystemen. Bei vielen solchen Anwendungen kann der Laststrom einen sehr großen dynamischen Bereich haben. Unglücklicherweise schränken die magnetischen Materialien, die allgemein für die Kerne der Stromtransformatoren verfügbar sind, den dynamischen Bereich der Abfühlvorrichtung ein. Die Spitzenflußdichte ist ein begrenzender Faktor am oberen Ende des dynamischen Bereiches, während Kernverlust/abnehmende Permeabilität eine Grenze am unteren Ende ist. Für ein gegebenes Kernmaterial und die erforderliche Genauigkeit schränken diese Parameter den Betriebsbereich des Stromtransformators ein. Während der dynamische Bereich durch Steigerung des Volumens des Kernmaterials ausgedehnt werden könnte und/oder die Windungen der zweiten Wicklung, steigern diese Lösungen die Größe des STs, was oft kritisch ist und auch die Kosten steigert, die bei einfachen Produkten inakzeptabel sein können. Da viele dieser Produkte mehrphasig sind, werden die Effekte dieser Faktoren verschlimmert.

Die ebenfalls zu eigene US-Patentanmeldung Serien-Nr. 08/594 977, eingereicht am 31. Januar 1996, offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren, die den dynamischen Bereich eines gegebenen Stromtransformators verdoppelt, und zwar für Ströme bis zu einer Größe, die nicht den Kern sättigen, und zwar bis nach 90° der Stromwellenform. Dies wird durchgeführt durch Anwendung von nur Werten des Stromes zwischen Null-Überschreitungen und dem 90°-Punkt. Zur Erzeugung einer RMS-Strommessung wird das Quadrat des Stroms von Null bis 90° akkumuliert und dann verdoppelt, bevor die Quadratwurzel gezogen wird, um den PMS-Strom zu berechnen. Das Verfahren und die Vorrichtung für diese Anwendung des Standes der Technik trägt auch der Rücksetz- bzw. Reset-Energie Rechnung und ist daher ziemlich genau zur Messung von verworfenen bzw. verzerrten Wechselströmen. Die Technik wird mit einem Mikrocomputer implementiert oder eingerichtet, der digital den Sekundärstrom aufnimmt (sampelt) und eine Routine verwendet, um die Null-Überschreitung zu bestimmen, die von dem Strom maskiert bzw. verdeckt wird, der von der Rücksetz-Energie im gesättigten Kern erzeugt wird. Diese Technik, die eine Sampling- bzw. Aufnahmezeit zur Messung und eine schnellere Aufnahmezeit zur Detektion von Null-Überschreitungen verwendet, stellt eine schwere Verarbeitungsbürde für den Mikroprozessor dar und ist auf die Verdoppelung des dynamischen Bereiches des Stromtransformators eingeschränkt.

Es gibt eine Notwendigkeit für ein verbessertes Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung des Wechselstroms unter Verwendung eines Stromtransformators, der am hohen Ende des dynamischen Bereiches des zu messenden Stroms sättigt.

Es gibt eine Notwendigkeit für solch ein verbessertes Verfahren und eine Vorrichtung, die den dynamischen Bereich des Stromtransformators über einen Faktor von zwei steigern kann.

Es gibt auch eine Notwendigkeit für ein solches verbessertes Verfahren und eine Vorrichtung, die, wenn sie digital ausgeführt wird, keine übermäßige Last auf den Prozessor bringt.

Es gibt weiter eine Notwendigkeit für solch eine verbesserte Vorrichtung und ein Verfahren, was nicht die Aufnahme (sampling) der Wellenform mit zwei unterschiedlichen Aufnahmezeiten erfordert.

Diese Notwendigkeiten und andere werden durch die Erfindung erfüllt, die auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung des Wechselstroms unter Verwendung eines Stromtransformators gerichtet ist, der am hohen Ende des dynamischen Bereiches des zu messenden Wechselstroms sättigt, der die Messung des Sekundärstroms bis zum Sättigungspunkt verwendet. Dies weist die Sättigung des Kerns sogar vor 90° des Wechselstroms auf, wobei in diesem Fall der dynamische Bereich bis zu einer Größenordnung gesteigert werden kann. Insbesondere wird eine ausgewählte Funktion der Größe des Sekundärstroms abhängig von der zu machenden Messung bis zum Sättigungspunkt akkumuliert. Dieser akkumulierte Wert wird dann durch eine variable Einstellung oder einen Koeffizienten eingestellt, der von dem Punkt in der Wellenform abhängt, bei dem die Sättigung des Kerns auftritt. Allgemein gesagt, ist die variable Einstellung ein Koeffizient, welcher ein Verhältnis ist, und zwar des Integrals der ausgewählten Funktion, die für die erforderliche Messung einer Sinuswelle ohne Sättigung benötigt wird, zum Integral der ausgewählten Funktion einer Sinuswelle bis zum Sättigungspunkt.

Vorzugsweise wird die Erfindung digital durch Abfühlmittel implementiert oder eingerichtet, die digital den Sekundärstrom des Stromtransformators aufnehmen. Die ausgewählte Funktion der Größe der Digitalaufnahmen wird akkumuliert, um den akkumulierten Wert zu erzeugen. Die variable Einstellung wird durch Einstellmittel aufgebracht bzw. angelegt, die Mittel aufweisen, um eine Zählung von Nicht-Null-Aufnahmen zu erzeugen, anders gesagt eine Zählung der Sampels bzw. Aufnahmen vor der Sättigung. Die geeigneten Koeffizienten werden in einer Tabelle gespeichert, die durch die Zählung bzw. den Zählerstand der Nicht-Null-Aufnahmen indiziert bzw. eingeteilt wird. Der akkumulierte Wert wird mit dem Koeffizienten multipliziert, um einen eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, der dann durch Ausgangsmittel verwendet wird, um die ausgewählte Messung zu erzeugen. Für RMS-Strommessungen wird die Größe der Digitalaufnahmen quadriert und summiert, um den akkumulierten Wert zu erzeugen. Die Koeffizienten, die in der Tabelle im Computer gespeichert werden, werden als das Verhältnis des Integrals des Quadrates einer Sinuswelle ohne Sättigung zu dem Integral einer Sinuswelle quadriert bis zum Sättigungspunkt erzeugt. Die akkumulierte Summierung der Quadrate wird mit dem Koeffizienten oder der variablen Einstellung multipliziert, um die eingestellte Akkumulation zu erzeugen. Die Ausgangsmittel nehmen die Quadratwurzel des eingestellten akkumulierten Wertes, um das RMS-Stromsignal zu erzeugen. Ein Durchschnittsstromsignal kann durch Akkumulieren der Summe der Größen der Sekundärstromaufnahmen, die nicht Null sind, erzeugt werden, oder vor der Sättigung. Die Koeffizienten oder variablen Einstellungen werden als das Verhältnis des Integrals einer Sinuswelle ohne Sättigung zu dem Integral einer Sinuswelle bis zum Sättigungspunkt erzeugt. Der eingestellte akkumulierte Wert wird durch die Anzahl der Aufnahmen in einem Zyklus geteilt, um ein durchschnittliches Stromsignal zu erzeugen.

Die Erfindung ist sowohl auf eine Vorrichtung als auch ein Verfahren zur Messung eines Gleichstroms mit einem Stromtransformator gerichtet, und zwar unter Verwendung von Messungen des Sekundärstroms bis zum Sättigungspunkt.

Ein vollständiges Verständnis der Erfindung kann aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele erhalten werden, wenn sie in Verbindung mit den Begleitzeichnungen gelesen wird, in denen die Figuren folgen-

des darstellen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Motorstarteraufbaus, der die Erfindung verkörpert;

Fig. 2 eine Darstellung, die das Ansprechen eines Stromtransformators veranschaulicht, der sättigt;

Fig. 3A und 3B ein Flußdiagramm eines Computerprogramms, welches bei der Einrichtung der Erfindung verwendet wird.

Die Erfindung wird beschrieben als angewandt auf einen Motorstarter, der Stromtransformatoren zur Messung des Laststroms aufweist. Die Lastströme, die von diesen Stromtransformatoren gemessen werden müssen, besitzen einen sehr breiten dynamischen Bereich, der bewirken kann, daß die Kerne der Stromtransformatoren sich sättigen. Die Anwendung der Erfindung auf einen Motorstarter ist nur zur Veranschaulichung, und es wird dem Fachmann verständlich sein, daß die Erfindung eine breite Anwendung auf Stromtransformatoren besitzt, die verwendet werden, um Ströme mit breiten Dynamikbereichen zu messen.

Mit Bezug auf Fig. 1 steuert ein Motorstarter 1, der die Erfindung verkörpert, einen Elektromotor 3, der durch einen drei-phasigen Wechselstrom erregt wird, der von einer Quelle 5 über dreiphasige Leiter 7A, 7B und 7C geliefert wird. Der Motorstarter 1 weist einen Kontaktor bzw. Schütz 9 auf, der eine Spule 11 aufweist, die, wenn sie erregt ist, die Kontakte 13A, 13B und 13C in den Leitern 7A, 7B und 7C schließt, um den Motor 3 mit der Quelle 5 zu verbinden.

Der Motorstarter 1 weist auch ein Überlastrelais 15 auf, und zwar mit Stromtransformatoren (STs) 17A, 17B und 17C, die Analogsignale liefern, die die Ströme in den jeweiligen Phasenleitern 7A, 7B und 7C darstellen. Jeder der Stromtransformatoren weist einen Toruskern bzw. Ringkern 19A bzw. 19B bzw. 19C auf. Der jeweilige Leiter 7A, 7B und 7C läuft durch den Torus- bzw. Ring, um die Primärwindung des Stromtransformators zu bilden. Die Sekundärwindungen 21A, 21B und 21C erzeugen Analogsignale, die die Ströme in den assoziierten Leitern darstellen. Diese Analogsignale werden an einen Analog/Digital-(A/D-)Wandler 23 durch Leitungen 25A, 25B und 25C angelegt. Der A/D-Wandler 23 digitalisiert die analogen ST-Sekundärströme in Intervallen, die von einem Mikrocomputer 25 gesteuert werden. Die digitalisierten Stromaufnahmen werden vom Mikrocomputer 25 verwendet, um einen Überlastschutz für den Motor in einer Weise vorzusehen, die in der Technik wohlbekannt ist. Falls vorbestimmte Strom/Zeit-Charakteristiken überschritten werden, entregt der Mikroprozessor die Spule 11 des Schützes 9, um die Kontakte 13A, 13B und 13C zu öffnen, und daher den Motor 3 zu entregen.

Wie erwähnt, besitzen die von den STs 17 gemessenen Ströme einen weiten dynamischen Bereich. Ströme am hohen Ende dieses dynamischen Bereiches können die Kerne 19 der Stromtransformatoren (STs) 17 sättigen. Dieser Zustand ist in Fig. 2 veranschaulicht, wo die Spur 27 den Primärstrom darstellt, der an den STs 17 angelegt wird, und wobei die Spur 29 den Sekundärstrom darstellt. Wie zu sehen ist, sättigt der Kern bei der beispielhaften Wellenform am Punkt 31 gerade nach dem elektrischen 90°-Punkt, und der Ausgang des STs fällt auf Null. Somit sieht der ST, obwohl er sättigt, eine genaue Messung des Stroms bis zum Sättigungspunkt vor.

Gemäß der Erfindung wird der Strom bis zu dem Sättigungspunkt mit einem Faktor multipliziert, der den Wert des Stroms für den Rest der Aufnahmeperiode projiziert, falls keine Sättigung aufgetreten ist. Der angelegte bzw. angewandte Faktor hängt vom Sättigungspunkt und der Art der vorzunehmenden Messung des Stroms ab und ist das Verhältnis einer Funktion des Stroms, ausgewählt, um die gewünschte Messung integriert über einen vollen Halbzyklus ohne Sättigung vorzusehen zur ausgewählten Funktion des Stroms, integriert bis zu dem Sättigungspunkt in einem Halbzyklus. Wenn beispielsweise der RMS-Wert des Stroms zu messen ist, ist der Faktor gleich dem Integral einer Sinuswelle quadriert zum Verhältnis einer Sinuswelle quadriert bis zum Sättigungspunkt. Wenn eine Durchschnittstrommessung erwünscht ist, ist der Faktor das Verhältnis des Integrals der Sinuswelle für einen Halbzyklus zum Verhältnis der Sinuswelle bis zu dem Sättigungspunkt in einem Halbzyklus.

In der bevorzugten Einrichtung der Erfindung wird ein Digitalprozessor, wie beispielsweise ein Mikrocomputer verwendet, um das Ausgangssignal zu erzeugen, welches die gewünschte Strommessung darstellt. Somit wird eine Abföhl-schaltung, die einen Analog/Digital-Wandler aufweist, verwendet, um Aufnahmen bzw. Sampels des Sekundärstroms des STs zu digitalisieren. Die Größe der Digitalaufnahmen, wenn der Kern gesättigt ist, wird im wesentlichen Null sein, so daß der Sättigungspunkt durch Zählen der Anzahl der Aufnahmen bestimmt werden kann, und zwar aus der Gesamtzahl der Aufnahmen in einer Aufnahmeperiode, in der die Aufnahmewerte nicht Null sind. Die vorberechneten Werte für die variablen Einstellkoeffizienten zur Sättigung nach jeder Zählung von Impulsen kann in einer Tabelle gespeichert werden, die vom Mikrocomputer aufgerufen wird. In den beispielhaften Ausführungsbeispielen der Erfindung wurde ein unipolarer Analog/Digital-Wandler verwendet, so daß die Digitalproben bzw. -aufnahmen (Samples) eine Größe von Null auf entgegengesetzten Halbzyklen haben wird. In diesem Fall wird der Zählerstand der Nicht-Null-Digitalaufnahmen in Beziehung gesetzt zur Anzahl der Proben bzw. Aufnahmen in einer Aufnahmeperiode eines Halbzyklus, um den anzuwendenden anwendbaren Einstellfaktor zu bestimmen.

Bei der Erzeugung eines Ausgangssignals, welches den RMS-Wert des Wechselstroms darstellt, werden die Werte der Digitalstromaufnahmen quadriert und summiert, um einen akkumulierten Wert zu erzeugen. Dieser akkumulierte Wert wird mit dem ausgewählten Einstellfaktor, wie oben beschrieben, multipliziert, um einen eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, der die eingestellte Summe der Quadrate ist. Die Quadratwurzel der eingestellten Summe der Quadrate wird dann genommen, um den RMS-Wert des Stroms zu bestimmen. In ähnlicher Weise werden bei der Erzeugung eines Ausgangssignals, welches den Mittelwert des Stroms darstellt, die Größen der Stromaufnahmen summiert, um den akkumulierten Wert zu erzeugen, der dann mit dem Einstellfaktor multipliziert wird, damit der Durchschnittsstrom eine eingestellte Summe erzeugt, die dann durch die Anzahl der Aufnahmen in einem Halbzyklus geteilt wird.

Wie zuvor erwähnt, verwirft bzw. verzerrt die Kernrücksetzenergie den ST-Sekundärstrom, wenn der Kern aus der Sättigung zu Beginn eines neuen Halbzyklus herauskommt. Es ist bei 33 in Fig. 2 zu sehen, daß der Sekundärstrom be-

ginnt, in einer positiven Richtung bei 35 anzusteigen, und zwar vor dem Negativ-Positiv-Null-Übergang bzw. der Nullkreuzung bei 37 des ST-Primärstroms. Um Fehler aufgrund dieser Rücksetzenergie zu minimieren, nimmt die vorliegende Erfindung nur Aufnahmen mit einer Größe über einer Schwelle, die der Wert des Stroms bei 39 ist, wenn ein echter Nullschnittpunkt des ST-Primärstroms in der Zeit auftritt.

- 5 Das folgende ist ein Beispiel der Erfindung, wo ein bipolarer Analog/Digital-Wandler verwendet wird, so daß nur Aufnahmen für abwechselnde Halbzyklen gemessen werden, und wo 80 Aufnahmen pro Zyklus oder 40 Aufnahmen pro Halbzyklus erzeugt werden. Somit werden Aufnahmen bei einem elektrischen Winkel von jeweils 4,5° aufgenommen. Bei der Erzeugung des Einstellfaktors zur Messung des RMS-Wertes des Stroms wird die folgende Integralfunktion verwendet:

10 $\int \sin^2 x dx = x/2 - 1/4 \sin 2x$ (Gleichung 1)

Der Einstellfaktor ist das Verhältnis dieses Integrals für einen vollen Halbzyklus zu dem Teil des Halbzyklus bis zum Sättigungspunkt oder:

15
$$\text{Korrekturfaktor} = \frac{x/2 - 1/4 \sin 2x \Big|_0^{\pi}}{x/2 - 1/4 \sin 2x \Big|_0^{N \cdot 4.5^\circ / 180^\circ \cdot \pi}} \quad \text{Gleich. (2)}$$

Da der Wert des Zählers der Gleichung (2) $\pi/2$ ist, wird die Einstellfaktorgleichung:

25
$$\text{Korrekturfaktor} = \frac{\pi/2}{x/2 - 1/4 \sin 2x \Big|_0^{N \cdot 4.5^\circ / 180^\circ \cdot \pi}} \quad \text{Gleich. (3)}$$

- 30 Die Werte des Einstellfaktors zur Sättigung des Kerns bei Inkrementen von 4,5° von 45° bis 180° sind wie folgt in Tabelle 1 dargelegt:

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 1

Zahlen der Nicht-Null-Aufnahmen	Gradzahlen der Nicht-Null-Aufnahmen vor der Sättigung	Koeffizient
10	45	11,008
11	49,5	8,4886
12	54	6,7279
13	58,5	5,4588
14	63	4,5199
15	67,5	3,8101
16	72	3,2632
17	76,5	2,8349
18	81	2,4949
19	85,5	2,2217
20	90	2
21	94,5	1,8185
22	99	1,6689
23	103,5	1,5450
24	108	1,4419
25	112,5	1,3559
26	117	1,2841
27	121,5	1,2243
28	126	1,1746
29	130,5	1,1335
30	135	1,0999
31	139,5	1,0727
32	144	1,0511
33	148,5	1,0343
34	153	1,0217
35	157,5	1,0126
36	162	1,0065
37	166,5	1,0028
38	171	1,0008
39	175,5	1,0001
40	180	1

Fig. 3A und 3B veranschaulichen ein Flußdiagramm einer Interrupt- bzw. Unterbrechungsroutine 41, die auf dem Mikroprozessor 25 zum Einrichten der Erfindung läuft. Die Routine 41 wird bei 43 mit der Aufnahme- bzw. Sample-Rate aufgerufen, die in dem beispielhaften Ausführungsbeispiel 80mal pro Zyklus ist. Ansprechend auf die Unterbrechung (Interrupt) wird eine Aufnahme bei 45 aufgenommen. Wenn die Größe der Aufnahme größer als der Schwellenwert ist, der eingestellt ist, um über den Punkt 39 in Fig. 2 zu sein, wie bei 47 bestimmt, wird ein Nicht-Null-Zähler bei 49 inkrementiert. In jedem Fall wird eine Überprüfung bei 51 vorgenommen, um zu bestimmen, ob die Größe der Aufnahme mehr als ein minimaler Sättigungspegel ist. Der minimale Sättigungspegel ist ein Strompegel, über dem angenommen werden kann, daß der Kern sich sättigen wird. Falls dies so ist, wird ein Sättigungs-Flag bzw. ein Sättigungs-Zeichen bei 53 gesetzt. Dies gestattet es, daß die Routine die Einstellung zur Sättigung umgeht, falls es unwahrscheinlich ist, daß eine Sättigung auftreten wird. Die Schwelle wird innerhalb eines Rahmens eingestellt, der ausreicht, um sicherzustellen, daß das Flag (Zeichen) für Ströme eingestellt wird, die eine Sättigung zur Folge haben.

Ob oder ob nicht eine Sättigung vorhergesehen wird, wird die Größe der Aufnahme bei 55 quadriert und zur einer Ansammlung von quadrierten Summen für alle Aufnahmen in einer Aufnahmeperiode bei 57 addiert, um einen akkumulierten Wert zu erzeugen. Dieser Prozeß wird für alle achtzig pro Zyklus aufgenommenen Aufnahmen wiederholt. Für Aufnahmen vor der achtzigsten Aufnahme, wie bei 59 bestimmt, wird der Aufnahmenzähler bei 61 bedient. Wenn die letzte Aufnahme aufgenommen worden ist, wird eine Überprüfung bei 63 vorgenommen, um zu sehen, ob das Sättigungs-Flag gesetzt worden ist. Falls dies so ist, wird ein Indexregister in den Mikrocomputer geladen, und zwar mit der Adresse der Tabelle, die die Einstellfaktoren enthält, wie bei 65 angezeigt. Der Einstellfaktor wird dann bei 67 für den Punkt in dem Halbzyklus wieder aufgerufen bzw. gesucht, bei dem die Sättigung auftrat, und zwar durch Aufrufen des gespeicherten Faktors bei dem Index plus dem Zählerstand des Nicht-Null-Zählers minus einer Tabellenversetzung. Die Tabellenversetzung trägt dem Rechnung, daß die Tabelle keine Einträge für eine Sättigung enthält, die früh im Zyklus auftritt, beispielsweise vor 45° in dem Beispiel. Somit ist die Versetzung in der Tabelle 1 zehn (10), da der erste Eintrag in der Tabelle für die zehnte bei 45° aufgenommene Aufnahme ist. Der Einstellfaktor wird dann mit der Summe oder dem akkumulierten Wert multipliziert, um die eingestellte Summe oder den eingestellten akkumulierten Wert bei 69 zu erzeugen.

Die eingestellte Summierung oder die nicht eingestellte Summierung, als es keine Sättigung gab, wird dann an den Hauptprogramm-puffer bei 71 übertragen. Die Hauptroutine würde dann die Quadratwurzel der akkumulierten Quadratsumme ziehen, um das Ausgangssignal zu erzeugen, welches den RMS-Wert darstellt. Wenn der Durchschnittswert des Stroms benötigt wurde, teilt die Hauptroutine die eingestellte oder nicht eingestellte akkumulierte Summe der Größen der Aufnahmen durch vierzig (die Anzahl der Aufnahmen in einer Halbzyklusmeßperiode), um den Durchschnittswert zu erzeugen. Der Nicht-Null-Zähler wird dann gelöscht, der Aufnahmenzähler wird zurückgesetzt, das Sättigungs-Flag wird gelöscht und die Summierung wird bei 73 gelöscht, und zwar in Vorbereitung der Erzeugung eines weiteren Datenzyklus, und zwar vor dem Austritt aus der Unterbrechungs- bzw. Interrupt-Routine bei 75.

Das obige Beispiel veranschaulicht die Einrichtung der Erfindung, wenn digitale Aufnahmen mit einer Rate von achtzig Aufnahmen pro Zyklus erzeugt werden. Bei vielen Anwendungen der Erfindung, wo die Berechnung des Stroms von Zyklus zu Zyklus nicht wichtig ist, kann eine äquivalente Aufnahmetechnik verwendet werden, die die Last auf dem Mikroprozessor sogar noch weiter verringert. In der äquivalenten Aufnahmetechnik werden die Aufnahmen mit einer Rate aufgenommen, die keine ganze Zahl pro Zyklus ist, so daß bei aufeinanderfolgenden Zyklen die Aufnahmen zu einer geringfügig anderen Zeit oder einem anderen elektrischen Winkel aufgenommen werden. Während die Aufnahmerate keine ganze Zahl von Aufnahmen in einem Zyklus erzeugt, erzeugt sie eine ganze Zahl von Aufnahmen über eine Anzahl von Zyklen. Die Anzahl von Zyklen und die Zeitsteuerung der Aufnahmen wird derart ausgewählt, daß über die Zyklen der Aufnahmeperiode die Aufnahmen gleich über den Zyklus verteilt sind. Somit wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung der Strom mit einer Rate von siebenundneunzig Aufnahmen pro sechs Zyklen aufgenommen. Dies erzeugt eine Aufnahme- bzw. Sampling-Rate von 16,167 Aufnahmen pro Zyklus, so daß eine Aufnahme alle 22,268 elektrische Grad aufgenommen wird. Durch Akkumulieren der in dieser Weise aufgenommenen Aufnahmen über sechs Zyklen wird eine äquivalente Aufnahmerate von siebenundneunzig Aufnahmen pro Zyklus erreicht. Eine solche äquivalente Aufnahmerate ist zur Anwendung bei Strömen geeignet, die sich nicht schnell bezüglich der Größe verändern, wie beispielsweise die Messung von thermischen Überlasten durch das Überlastrelais 15.

Die Erfindung dehnt wesentlich den dynamischen Bereich eines Stromtransformators aus, so daß kleinere weniger teure Stromtransformatoren zur Messung von Strömen eines gegebenen dynamischen Bereiches verwendet werden können. Dies wird erreicht, ohne eine übermäßige Last auf den Mikroprozessor aufzubürden. Nur eine relativ langsame Aufnahmerate ist erforderlich.

Während spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung im Detail beschrieben worden sind, wird dem Fachmann offensichtlich sein, daß verschiedene Modifikationen und Alternativen an diesen Details im Lichte der Gesamtlehre der Offenbarung entwickelt werden könnten. Entsprechend sollen die speziellen offenbarten Anordnungen nur veranschaulichend sein und nicht einschränkend, was den Umfang der Erfindung betrifft, dem die volle Breite der beigefügten Ansprüche und irgendwelchen und allen äquivalenten Ausführungen davon zu geben ist.

Zusammenfassend kann man folgendes sagen:

Der dynamische Bereich eines Stromtransformators wird wesentlich gesteigert durch Messung des Sekundärstroms bis zum Sättigungspunkt und durch Multiplizieren des Ergebnisses mit einem Einstellfaktor, der den fehlenden Teil der Wellenform nach der Sättigung auffüllt, wenn der Sekundärstrom im wesentlichen Null ist. Der Einstellfaktor ist das Verhältnis des Integrals der Funktion des Stroms, und zwar verwendet zur Bestimmung einer gewünschten Messung des Stroms (wie beispielsweise dem Sinus² für eine RMS-Messung) zum Integral der Funktion bis zum Sättigungspunkt. Der akkumulierte Wert der Funktion wird mit dem Einstellfaktor multipliziert, um einen eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, der bei der Berechnung des Stroms verwendet wird. Wenn sie digital von einem Mikrocomputer eingerichtet wurden, werden die Einstellfaktoren in einer Tabelle gespeichert, die von einem Zählerstand von Nicht-Null-Aufnahmen indiziert werden, oder in anderen Worten der Anzahl der Aufnahmen vor der Sättigung. Ein äquivalentes Aufnahmeschema kann verwendet werden, um die reale Aufnahmerate für Anwendungen zu reduzieren, wo die Detektion von sofortigen Veränderungen des Stroms nicht notwendig ist.

1. Vorrichtung zur Messung eines Wechselstroms mit einem gegebenen dynamischen Bereich, wobei die Vorrichtung folgendes aufweist:
 einen Stromtransformator mit einer Primärwindung, an die ein Wechselstrom angelegt wird, eine Sekundärwindung, die einen Sekundärstrom proportional zu dem Wechselstrom erzeugt, und einen Kern, der die Primärwindung und die Sekundärwindung koppelt, wobei der Kern sich am hohen Ende des gegebenen dynamischen Bereiches des Wechselstroms sättigt;
 Abfühlmittel, die den Sekundärstrom abfühlen; und
 Meßmittel, die auf die Abfühlmittel ansprechen, und zwar zur Erzeugung eines Ausgangssignals, welches eine ausgewählte Messung des Wechselstroms darstellt, und zwar von dem Sekundärstrom, abgefühlt bis zu irgendeiner Sättigung des Kerns. 5
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Meßmittel Mittel aufweisen, die ein RMS-Stromsignal von dem Sekundärstrom erzeugen, und zwar abgefühlt bis zu irgendeiner Sättigung des Kerns.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Meßmittel Mittel aufweisen, um ein durchschnittliches Stromsignal von dem Sekundärstrom zu erzeugen, und zwar abgefühlt bis zu einer Sättigung des Kerns. 15
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 1, wobei die Meßmittel Mittel aufweisen, die einen akkumulierten Wert erzeugen, und zwar als eine ausgewählte Funktion der Größe des Sekundärstroms bis zu einem Sättigungspunkt des Kerns während eines Zyklus des Sekundärstroms, Einstellmittel, die eine variable Einstellung des akkumulierten Wertes anlegen bzw. anwenden, um einen eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, wobei die variable Einstellung basierend auf dem Sättigungspunkt des Kerns ausgewählt wird, und zwar während eines Zyklus des Sekundärstroms, und Mittel, die das Ausgangssignal erzeugen, welches die ausgewählte Messung des Wechselstroms von dem eingestellten akkumulierten Wert darstellt. 20
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 4, wobei die Einstellmittel Mittel aufweisen, die den akkumulierten Wert mit einem Koeffizienten multiplizieren, der ein Verhältnis eines Integrals der ausgewählten Funktion einer Sinuswelle ohne Sättigung zu einem Integral der ausgewählten Funktion einer Sinuswelle bis zu dem Sättigungspunkt ist. 25
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 5, wobei die Mittel, die den akkumulierten Wert erzeugen, eine Summierung des Quadrates der Sekundärstromgröße erzeugen, wobei die Einstellmittel die Summierung des Quadrates der Sekundärstromgröße mit einem Koeffizienten multiplizieren, der ein Verhältnis des Integrals der Sinuswelle quadriert ohne Sättigung zum Integral einer Sinuswelle quadriert bis zum Punkt der Sättigung ist, um den eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, und wobei die Mittel, die das Ausgangssignal erzeugen, Mittel aufweisen, die ein RMS-Stromsignal als die Quadratwurzel des eingestellten akkumulierten Wertes erzeugen. 30
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 5, wobei die Mittel, die den akkumulierten Wert erzeugen, eine Summierung der Sekundärstromgröße erzeugen, wobei die Einstellmittel Mittel aufweisen, die die Summierung der Sekundärstromgröße mit einem Koeffizienten multiplizieren, der das Integral der Sinuswelle für eine Aufnahmeperiode ohne Sättigung zum Integral der Sinuswelle bis zum Sättigungspunkt ist, und wobei die Mittel, die das Ausgangssignal erzeugen, Mittel aufweisen, die ein durchschnittliches Stromsignal erzeugen, und zwar als der eingestellte akkumulierte Wert geteilt durch die Dauer der Aufnahmeperiode des Sekundärstroms. 35
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 4, wobei die Abfühlmittel Digitalaufnahmemittel aufweisen, die digitale Aufnahmen des Sekundärstroms erzeugen, wobei die digitalen Aufnahmen eine Größe besitzen, die mit der Größe des Sekundärstroms einschließlich einer Größe von im wesentlichen Null, wenn der Kern gesättigt ist, in Beziehung stehen, und wobei die Meßmittel Digitalverarbeitungsmittel aufweisen, wobei die Akkumulierungsmittel Mittel aufweisen, die eine Summierung der ausgewählten Funktion der Größe der Digitalaufnahmen akkumulieren, um den akkumulierten Wert zu erzeugen, wobei die Einstellmittel Zählmittel aufweisen, die eine Zählung bzw. einen Zählerstand von Aufnahmen in einer Aufnahmeperiode erzeugen, und zwar vor der Sättigung, und Mittel, die einen Wert der variablen Einstellung aufnehmen, und zwar basierend auf dem Zählerstand. 40
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 8, wobei die Mittel, die einen Wert der variablen Einstellung auswählen, Tabellenmittel aufweisen, in denen Koeffizienten für die Zählerstände der Aufnahmen vor der Sättigung des Kerns gespeichert sind. 45
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 9, wobei die Tabellenmittel Koeffizienten speichern, die Verhältnisse eines Integrals der ausgewählten Funktion einer Sinuswelle ohne Sättigung zu einem Integral der ausgewählten Funktion einer Sinuswelle für jeden Zählerstand der Aufnahmen bis zu dem Sättigungspunkt sind. 50
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 10, wobei die Mittel, die den akkumulierten Wert erzeugen, eine Summierung der Quadrate der digitalen Aufnahmegrößen erzeugen, wobei die Einstellmittel Mittel aufweisen, die die Summierung der Quadrate mit einem Koeffizienten multiplizieren, der ein Verhältnis des Integrals einer Sinuswelle quadriert ohne Sättigung zu einem Integral der Sinuswelle quadriert für die Anzahl der Aufnahmen bis zum Sättigungspunkt ist, um den eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, und wobei die Ausgangsmittel Mittel aufweisen, die ein RMS-Stromsignal als die Quadratwurzel des eingestellten akkumulierten Wertes erzeugen. 55
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 10, wobei die Mittel, die den akkumulierten Wert erzeugen, eine Summierung der digitalen Aufnahmegrößen bis zum Sättigungspunkt des Kerns erzeugen, wobei die Einstellmittel Mittel aufweisen, die die Summierung der digitalen Aufnahmegrößen mit einem Koeffizienten multiplizieren, der ein Verhältnis des Integrals einer Sinuswelle während einer Aufnahmeperi- 60

ode ohne Sättigung zu einem Integral einer Sinuswelle für den Zählerstand der Aufnahmen bis zur Sättigung ist, um den eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, und wobei die Ausgangsmittel Mittel aufweisen, die ein durchschnittliches Stromsignal als den eingestellten akkumulierten Wert geteilt durch die Anzahl der digitalen Aufnahmen in der Aufnahmeperiode des Sekundärstroms erzeugen.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 1, wobei die Abfühlmittel Digitalaufnahmemittel aufweisen, die digitale Stromaufnahmen des Sekundärstroms erzeugen, und wobei die Meßmittel Digitalverarbeitungsmittel aufweisen, die das Signal erzeugen, welches die ausgewählte Messung des Wechselstroms von den digitalen Stromaufnahmen bis zu irgendeiner Sättigung des Kerns darstellt.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 13, wobei die Digitalaufnahmemittel Mittel aufweisen, die digitale Aufnahmen erzeugen, und zwar mit einer Größe proportional zum Sekundärstrom, der eine Größe von im wesentlichen Null aufweist, wenn sich der Kern sättigt, und wobei die Digitalverarbeitungsmittel Mittel aufweisen, die eine Summe einer Funktion der Größe jeder Digitalaufnahme akkumulieren, Mittel, die eine Nicht-Null-Zählung bzw. einen Zählerstand der Nicht-Null-Digitalaufnahmen während eines Zyklus erzeugen, Mittel, die einen Koeffizienten basierend auf dem Nicht-Null-Zählerstand auf die Summe anwenden, um eine eingestellte Summe zu erzeugen, und Mittel, die das Ausgangssignal aus der eingestellten Summe erzeugen.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 14, wobei die Mittel, die den Koeffizienten anwenden, Speichermittel aufweisen, die eine Tabelle mit einem vorbestimmten Koeffizienten für jeden Nicht-Null-Zählerstand enthalten.

16. Verfahren zum Messen eines Wechselstroms mit einem weiten dynamischen Bereich unter Verwendung eines Stromtransformators mit einem Kern, der sich am hohen Ende des dynamischen Bereiches sättigt, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Abfühlen eines Sekundärstroms des Stromtransformators; und

Bestimmung einer ausgewählten Messung des Wechselstroms aus der Größe des Sekundärstroms bis zu einer Sättigung des Sekundärstroms.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei der Schritt der Bestimmung der ausgewählten Messung das Akkumulieren eines akkumulierten Wertes einer ausgewählten Funktion der Sekundärstromgröße aufweist, und zwar während eines Zyklus bis zu einem Sättigungspunkt des Kerns, das Anlegen einer variablen Einstellung, basierend auf dem Sättigungspunkt des Kerns auf den akkumulierten Wert, um einen eingestellten akkumulierten Wert zu erzeugen, und die Erzeugung eines Signals, welches die ausgewählte Messung des Wechselstroms von dem eingestellten akkumulierten Wert darstellt.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 17, wobei das Abfühlen das digitale Aufnehmen des Sekundärstroms des Stromtransformators aufweist, um Digitalaufnahmen des Sekundärstroms zu erzeugen, wobei das Akkumulieren des akkumulierten Wertes das Akkumulieren einer Summierung der ausgewählten Funktion der Digitalaufnahmen bis zur Sättigung des Kerns aufweist, und wobei das Anwenden einer variablen Einstellung die Erzeugung eines Zählerstandes Nicht-Null-Digitalaufnahmen aufweist, und das Multiplizieren der akkumulierten Summierung mit einem Koeffizienten, der basierend auf dem Zählerstand der Nicht-Null-Aufnahmen ausgewählt ist.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 17, wobei der Schritt des Akkumulierens eines akkumulierten Wertes als eine ausgewählte Funktion der Sekundärstromgröße die Erzeugung eines akkumulierten Wertes als eine Summe von Quadraten der Digitalaufnahmen aufweist, und wobei die Erzeugung eines Ausgangssignals die Erzeugung eines RMS-Stromsignals als die Quadratwurzel des eingestellten akkumulierten Wertes aufweist.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 18, wobei der Schritt des Akkumulierens eine Summierung einer ausgewählten Funktion der Digitalaufnahmen das Akkumulieren einer Summe der Größe der Digitalaufnahmen während einer Aufnahmeperiode aufweist, und wobei die Erzeugung des Ausgangssignals die Erzeugung eines durchschnittlichen Stromsignals als die eingestellte akkumulierte Summierung geteilt durch die Anzahl der Aufnahmen in der Aufnahmeperiode aufweist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

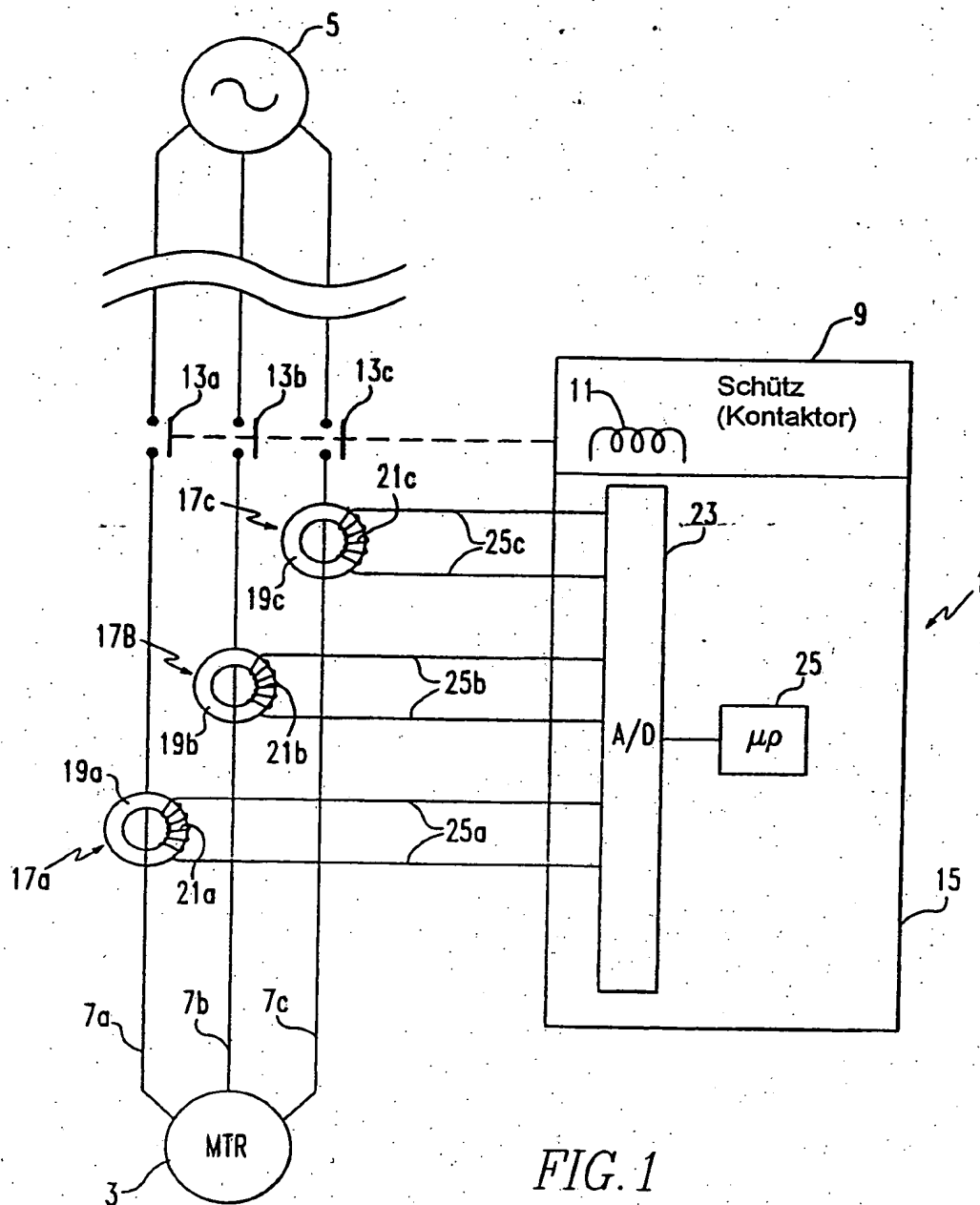


FIG. 1

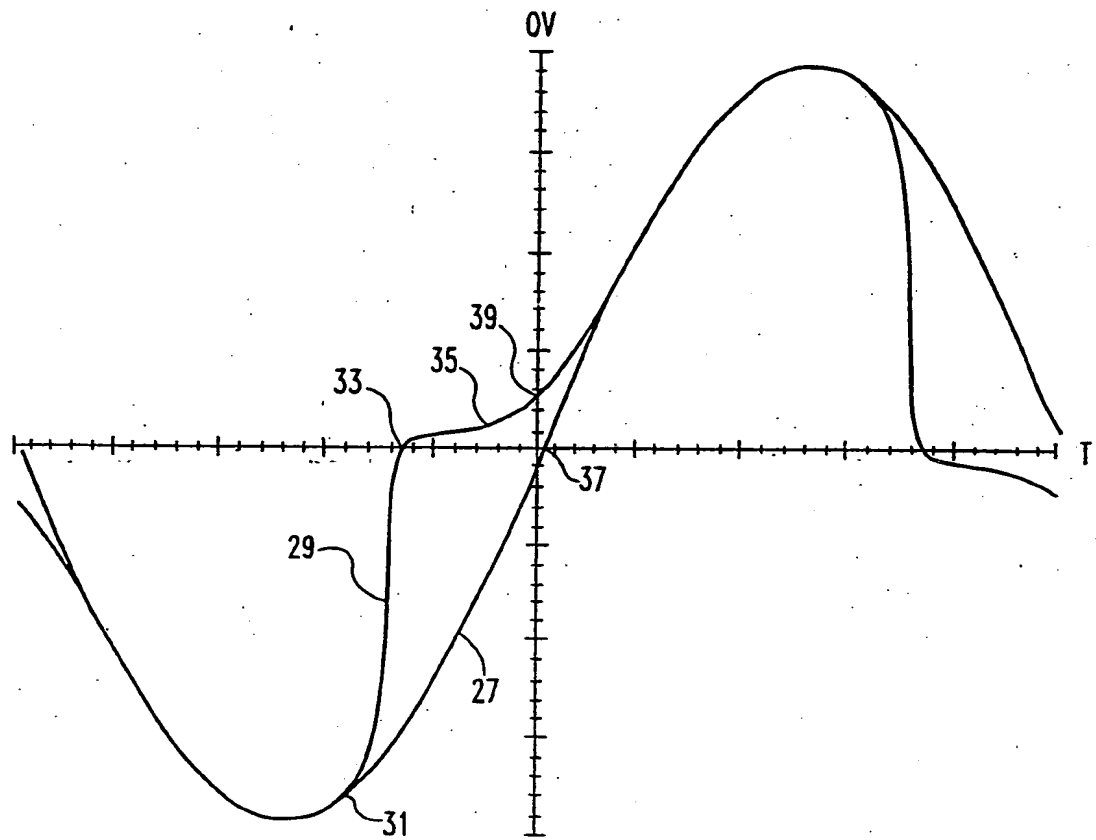


FIG.2

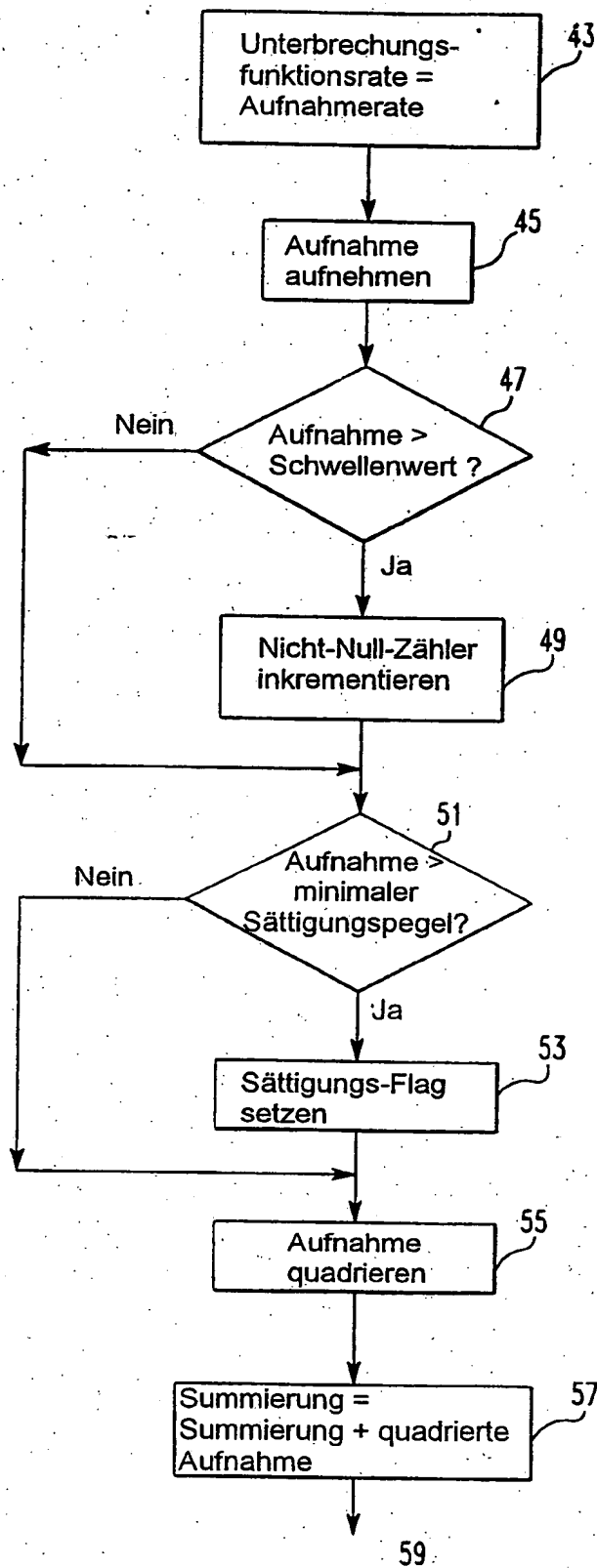


FIG. 3A

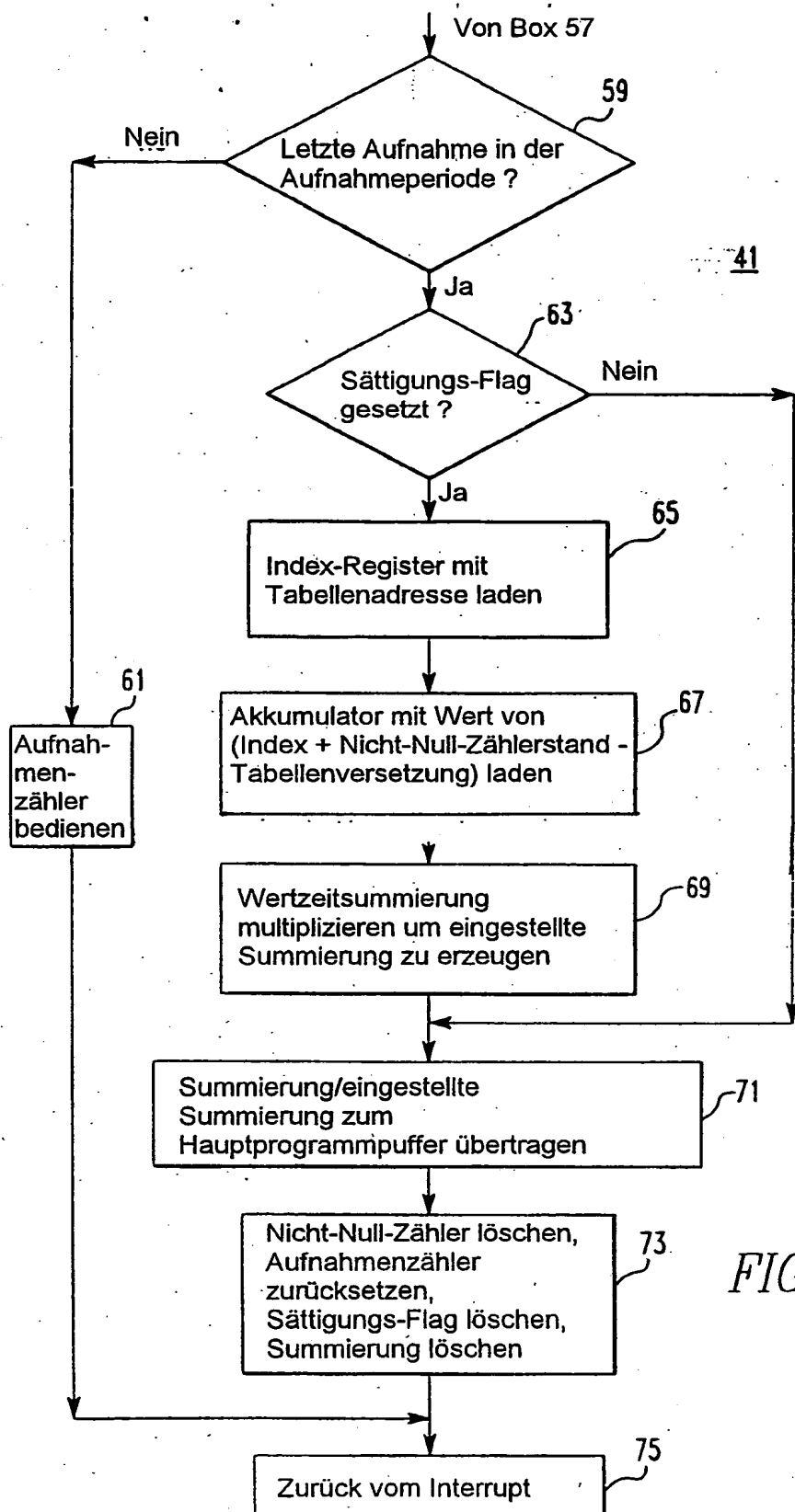
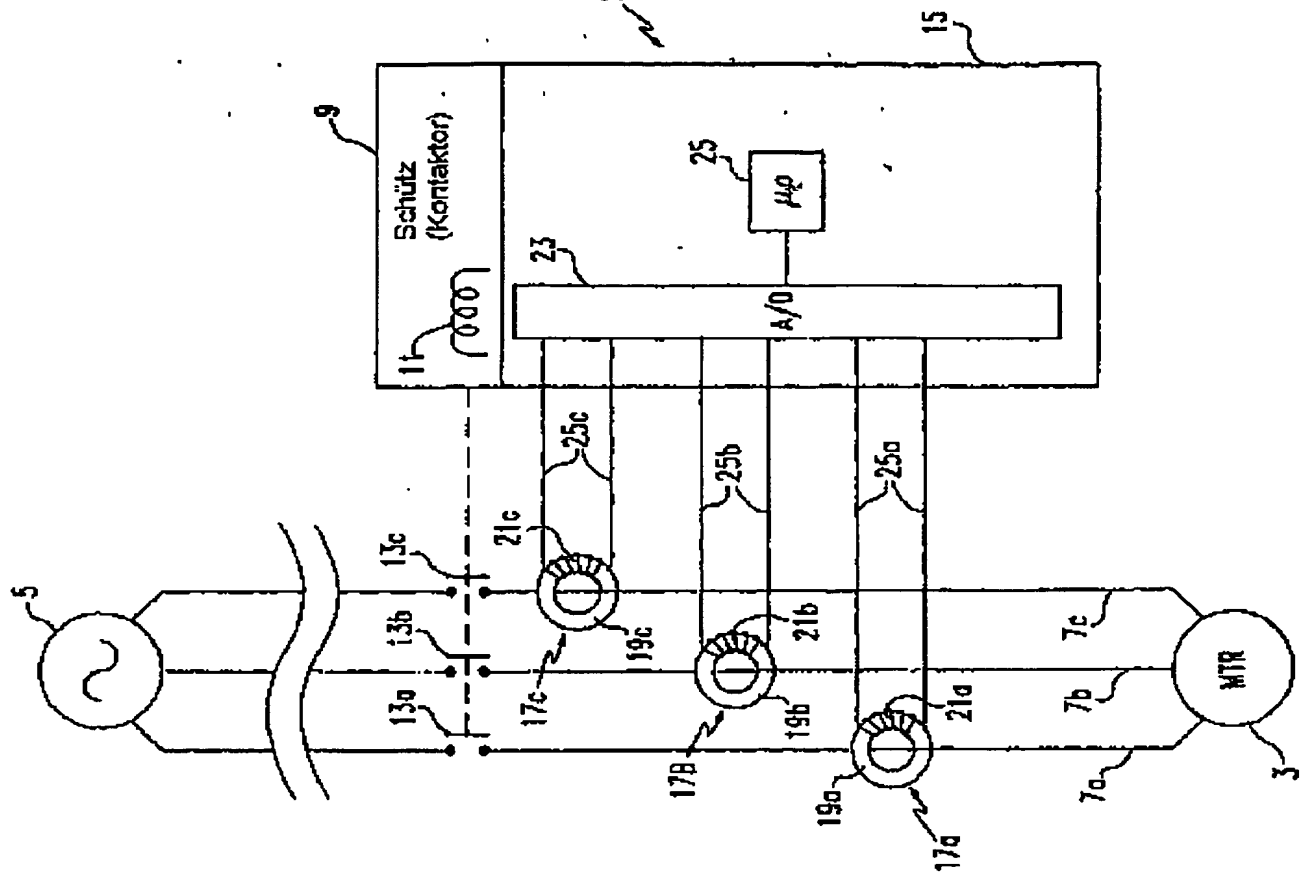


FIG. 3B

AN: PAT 1998-438527
TI: Appliance for measuring alternating current which saturate the current transformer core using secondary currents up to saturation point uses measurement system for digital recording and processing current transformer secondary current
PN: **DE19802831**-A1
PD: 13.08.1998
AB: The appliance has current transformers (17a,b,c) with primary windings (7a,b,c) for the a.c. current and secondary windings (21a,b,c) which provides a secondary current proportional to the primary current and cores (19a,b,c) coupling the primary and secondary windings. At the high end of the nominal dynamic current range the current saturates the core. An A/D converter (23) detects the secondary current and a microprocessor (25) converts it to an output signal which represents a selected measurement of the a.c. current up to the point when the core saturates. The appliance can be provided with a system which produces the output signal in the form of an RMS current; USE - Load control and protection using both d. c. and a.c. current transformers ADVANTAGE - Extends the range of current transformers up to the point of saturation by measuring current up to that point and multiplying result by factor to create current missing after saturation
PA: (EAYT) EATON CORP;
IN: BLAKELY J H;
FA: **DE19802831**-A1 13.08.1998; CN1189620-A 05.08.1998; JP10221382-A 21.08.1998;
CO: CN; DE; JP;
IC: G01R-015/18; G01R-019/00; G01R-019/04; G01R-019/10; G01R-019/25; H01F-027/00; H01F-038/28;
MC: S01-D01A; S01-D01C1B; S01-D01D1; V02-G01B; V02-G02; X12-C01G; X13-C01X;
DC: S01; V02; X12; X13;
FN: 1998438527.gif
PR: US0790267 28.01.1997;
FP: 05.08.1998
UP: 07.11.2002

the Negro Bank (1901)



This Page Blank (people)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspio)